

Bauanleitung für den Kleinstoszillografen „Oszi 40“, Teil 1

Auf der Leipziger Frühjahrsmesse 1956 wurde ein vom Zentrallabor für Empfänger- und Zerstörer im VEB Funkwerk Erfurt entwickelter Kleinstoszillograf „Oszi 40“ (Abb. 1) vorgestellt. Dieses Gerät, ein Serviceoszillograf, das bequem in einer Aktentasche unterzubringen ist, fand lebhaften Anklang, so daß versucht wurde, das Gerät als Massenbedarfsartikel in die Produktion des VEB Funkwerk Erfurt aufzunehmen.

Wegen der starken Auslastung des Meßgerätekwerkes durch Inland- und Exportaufträge mit laufenden Fertigungstypen war es nicht möglich, dieses Vorhaben nachzuführen.

Auf Grund des großen Interesses, das die Meistergeräte und die wenigen Veröffentlichungen hierüber fanden, soll im folgenden durch eine ausführliche Beschreibung und Bauanleitung die Möglichkeit zum Nachbau gegeben werden.

Schaltung des Oszillografen

Die Bildröhre ist das Hauptelement eines Oszillografen und bestimmt mit ihren Daten die übrigen Baueinheiten. Die verwendete Röhre B 4 S 1 hat folgende Daten:

Betriebswerte:

Netzspannung	U_f	4 V
Netzstrom	I_f	ca. 0,85 A
Steuergritterspannung	U_{gt}	0...65 V
Fokussierungs- spannung	U_{fz}	120...200 V
Anodenspannung	U_a	500 V

Grenzwerte:

Anodenstrom (Leerlauf)	$I_{k \max}$	50 μ A
Anodenstrom (Spitze)	$i_{k \max}$	100 μ A
Interabilitäts- widerstand	$R_{g1 \max}$	1,5 M Ω
Leitwiderstand der Zeit- und Meß- platten	$R_{ps}, R_{pk \max}$	3 M Ω
Anodenspannung	$U_{a \max}$	1000 V

Ablenkempfindlichkeit:

Zeitplatten (schirmnahe Platten)	AE_{ps}	0,095 mm/V
Meßplatten (kathoden- nahe Platten)	AE_{pk}	0,19 mm/V

Kapazitäten der Ablenkplatten:

Zeitplatten	$C_{ps1/ps2}$	2,5 pF
Meßplatten	$C_{pk1/pk2}$	2,0 pF

Ein Vergleich der Daten mit dem Paratyp B 6 S 1 zeigt, daß die Ablenkempfindlichkeit der B 4 S 1 durch die kleinere Bauhöhe geringer ist. Für die geringeren Schirmabmessungen gegenüber der B 6 S 1 werden daher fast dieselben Ablenkspannungen benötigt. Man benötigt eine höhere Ablenkempfindlichkeit, wenn die Betriebsspannung nur so gewählt wird, wie es für eine gute

Punktschärfe notwendig ist. Durch die gewählte Betriebsspannung wurden die Ablenkempfindlichkeiten der Platten eingänge direkt für die Meßplatten auf etwa 0,3 mm/V und für die Zeitplatten auf etwa 0,15 mm/V erhöht.

Netzteil

Um die Meß- und Zeitplatten direkt zugänglich zu machen, was bei der Anwendung des Oszillografen sehr vorteilhaft ist, wurde folgende Schaltung gewählt: Wie aus der Schaltung Bild 3 zu ersehen ist, wird eine einseitig geerdete Transformatorwicklung verwendet, wobei an der Gesamtwechselspannung von 450 V ein Einweggleichrichter (Gr_1) liegt, der eine negative Spannung gegen Masse erzeugt. Dadurch liegen die Anode der B 4 S 1 und die Meß- und Zeitplatten auf Erdpotential. An eine Anzapfung der Wicklung bei 250 V wird ein Einweggleichrichter (Gr_2) mit einer positiven Spannung gegen Masse geschaltet, so daß der Verstärker wie üblich geerdet werden kann. Der Kippteil wird mit aus der höheren Bildröhrenspannung gespeist.

Für die Gleichrichtung wurden Pillengleichrichter in Papptröhrchen für 10 mA Belastung verwendet, es lassen sich aber auch die bekannten offenen Selengleichrichter für 30 bzw. 40 mA unterbringen. Die gegenüber den üblichen Oszillografenröhren niedrige Betriebsspannung der B 4 S 1 von 400 V gestattet die Verwendung von handelsüblichen Elektrolytkondensatoren. Dadurch ist es möglich, ohne Siebdrosseln, die im Ablenkbild von Oszillografenröhren störende Magnetfelder erzeugen, den erforderlichen Siebfaktor mit RC-Gliedern zu erreichen.

Für C_4 und C_5 werden normale 16- μ F/385-V-Becherelkos mit Befestigungsmuttern verwendet. Wenn vorhanden, ist die Verwendung von Rauhelkos 16 μ F/385 V im zyl. Alugehäuse mit axialen Drahtanschlüssen, 20 \times 50, vorteilhaft. Für die Bildröhrenspannung werden die Becherelkos 16 μ F/550 V (C_1, C_2, C_3) isoliert montiert, da der positive Pol geerdet ist. Es sind hier zwei getrennte Siebungen für

¹⁾ Siehe RADIO UND FERNSEHEN Nr. 7 (1956) S. 199.

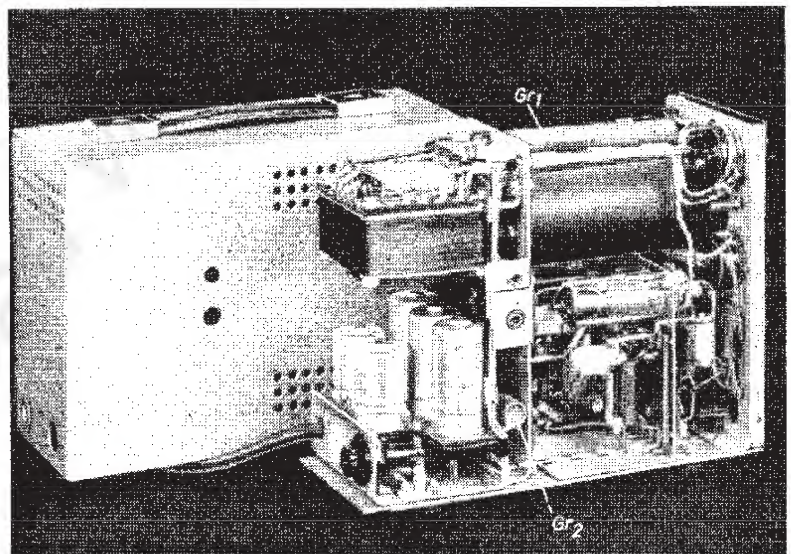


Bild 1: Linke Seitenansicht des montierten und verdrahteten Gerätes mit Gehäuse

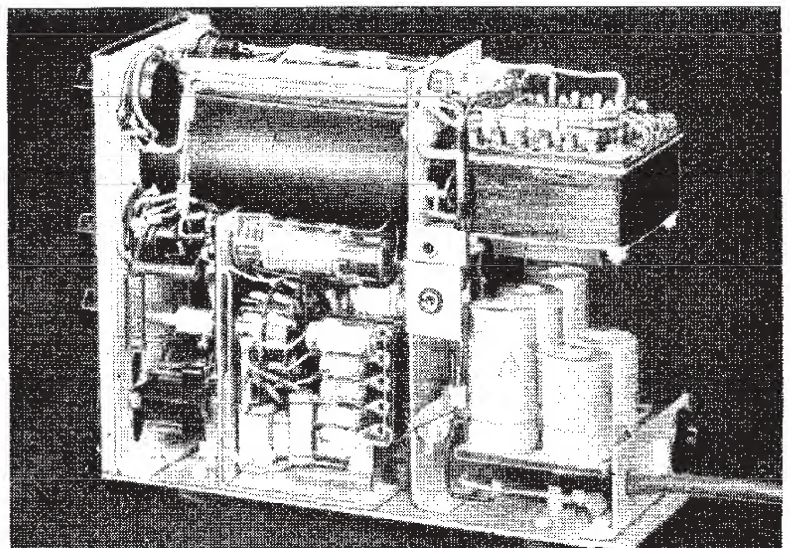


Bild 2: Rechte Seitenansicht des montierten und verdrahteten Gerätes. Auf diesem Bild fehlt noch Bu_5 , Hell-Dunkel-Steuerung, unt. Bu_5 . Man erkennt, daß genügend Platz vorhanden ist

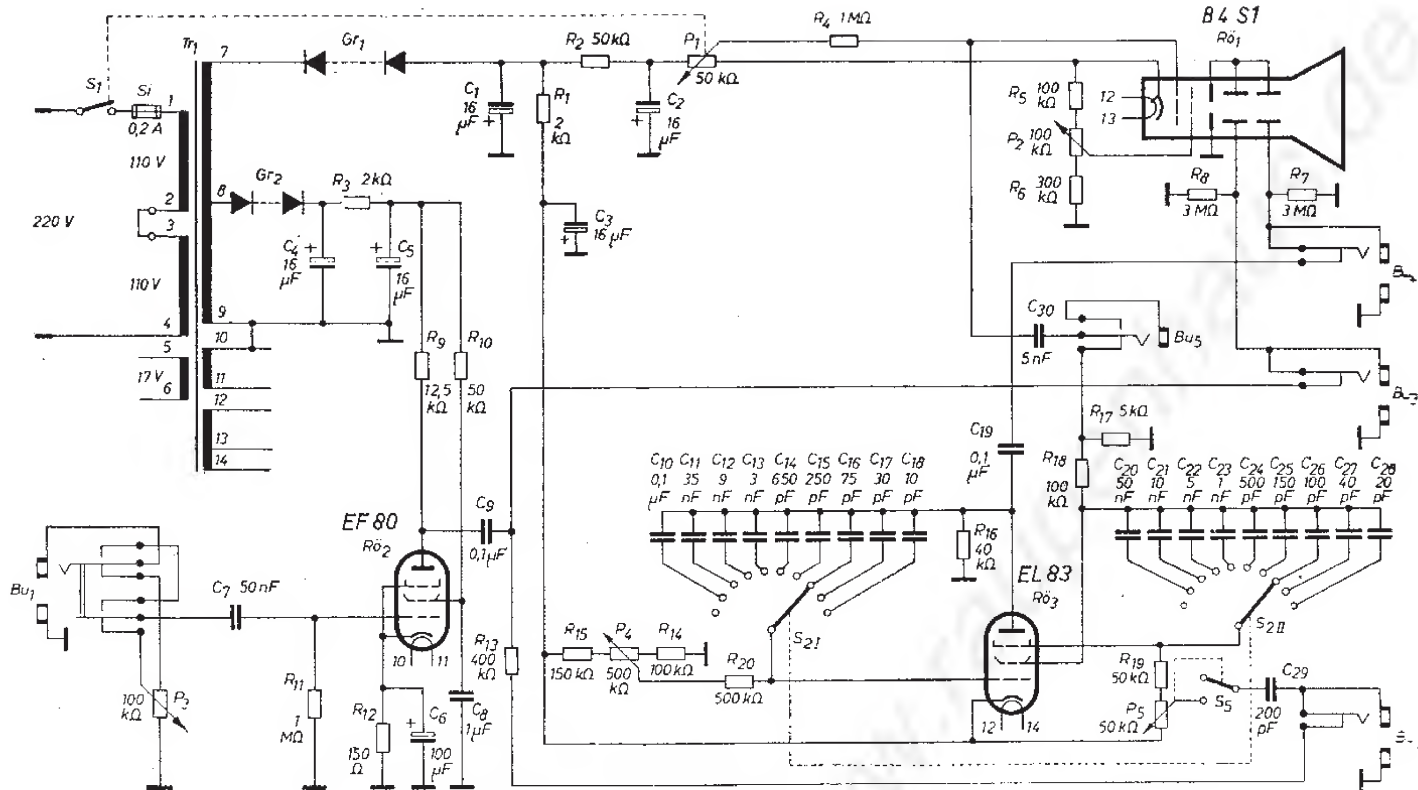


Bild 3: Gesamtschaltbild

den Kippteil und für die Oszillografenröhre vorgesehen, dadurch kann die Siebung der letzteren mit größeren Widerständen erfolgen und ist somit wirksamer (Siebfaktor 250).

Die benötigten Teilspannungen der Oszillografenröhre werden in einem Spannungsteiler gewonnen, in dem die Regler P_1 für die Gittervorspannung (Helligkeit) und P_2 für die Fokussierung (Schärfe) enthalten sind.

Kippteil

Für die Erzeugung der Horizontalablenkung wurde der Transitron-Miller-Integrator ausgewählt. Diese Kombination aus zwei Schaltungen, dem Miller-Integrator und dem Transitron, wird in der Literatur auch „Fantastron“ genannt, da sie viele Vorzüge vereinigt, ohne daß Nachteile in Kauf genommen werden müssen. Die Schaltung ermöglicht bei korrektem Aufbau Kippfrequenzen im Bereich von einigen Hz bis etwa 100 kHz mit verhältnismäßig gutem linearen Spannungsanstieg. Ferner ist der Kippteil leicht zu synchronisieren. Allerdings werden dazu mindestens 0,5 V benötigt. Da aber für die Zeichnung eines gut erkennbaren Bildes mindestens 1 V an den Meßplatten vorhanden sein müssen, steht diese Spannung am Meßverstärkerausgang immer zur Verfügung.

Im folgenden soll die Wirkungsweise des Transitron-Miller-Integrators kurz beschrieben werden. Wir beschränken uns dabei auf die wesentlichen Punkte, auf die es abkommt, um verschiedene Maßnahmen beim Aufbau besser zu verstehen.

Nach der Schaltung liegen die frequenzbestimmenden Kondensatoren $C_{10} \dots C_{18}$ und $C_{20} \dots C_{28}$ einmal zwischen Anode und Gitter 1 und zum anderen zwischen

Schirmgitter und Bremsgitter der EL 83. Anode und Schirmgitter erhalten ihre positiven Spannungen über Vorwiderstände von 40 bzw. 100 kΩ (R_{16} und R_{18}). Am Steuergitter liegt über einen Spannungsteiler ebenfalls ein positives Potential, es ist gegen zu großen Gitterstrom durch den 500-kΩ-Vorwiderstand R_{20} hinreichend geschützt. Das Bremsgitter liegt über 100 kΩ (R_{19} und P_5) an Minuspotential.

Der Ablenkvorgang ist folgender:

Nach dem Einschalten wird sich zunächst nach Erwärmen der Röhre der Anoden/Gitter-Kondensator z. B. C_{16} von Plus her über den Anodenwiderstand R_{16} und über den kleinen Innenwiderstand der Gitter/Katoden-Strecke aufladen. Das Schirmgitter hat inzwischen den gesamten Elektronenstrom aufgenommen, der Anodenstrom ist durch das negative Bremsgitter gesperrt, da C_{26} beim Einschalten über R_{19} aufgeladen wurde. Während der Ladezeit von C_{16} nimmt die Ladung von C_{26} ab, damit wird das Bremsgitter weniger negativ und gleichzeitig das Steuergitter nach abgeschlossener Ladung von C_{16} weniger positiv. Es findet also Stromübernahme vom Schirmgitter auf die Anode statt. Damit steigt aber die Schirmgitterspannung und gibt über C_{26} einen positiven Impuls auf das Bremsgitter und löst somit den Entladevorgang von C_{16} aus.

Dieser Kondensator entlädt sich über die Parallelschaltung von R_{16} , R_{14} , P_4 und R_{20} sowie dem R_1 der Röhre. Mit abfallender Ladung von C_{16} sinkt das Steuergitterpotential und die Röhre zieht mehr Anodenstrom. Das hat aber eine fallende Spannung an der Anode zur Folge, die nun ihrerseits der Entladung über die Röhre entgegenwirkt. Da das Potential am Gitter der Röhre von der e-Funktion der Kondensatorentladung von C_{16} ab-

hängt und über den Anodenstrom an die Anode gegenphasig dieser Entladung entgegenwirkt, steuert sich diese Schaltung automatisch auf konstanten Entladestrom des Kondensators ein und erzeugt somit einen zeitproportionalen Spannungsabfall an der Anode. Dieser Vorgang läuft nun solange ab, bis die Anodenspannung merklich unter die Schirmgitterspannung absinkt. Es findet eine verstärkte Stromübernahme durch das Schirmgitter statt; dies hat eine negative Spannung am Schirmgitter zur Folge. Der hierdurch entstehende negative Impuls wird über den Kondensator C_{26} auf das Bremsgitter übertragen und sperrt somit den Anodenstrom völlig. Von diesem Zeitpunkt an lädt sich C_{16} wieder auf, und der Vorgang wiederholt sich riodisch wie beschrieben.

Man beachte, daß also der zeitlineare Hilauf auf der Bildröhre durch die Entladung von C_{16} erreicht wird und der Rücklauf durch die Schaltglieder R_{17} , R_{18} , C_{21} , R_{19} und P_5 gesteuert wird.

Nunmehr ist leicht einzusehen, daß Impulse, die dem Bremsgitter über C_{26} geführt und durch P_5 geregelt werden, den ganzen Kippvorgang zu synchronisieren gestatten. Ebenso läßt sich das negative Potential am Schirmgitter während des Rücklaufs gut zur Dunkelsteuerung verwenden. Zu diesem Zweck wird an R_{17} und R_{18} eine Teilspannung des negativen Impulses abgegriffen und über C_{30} dem Gitter der Oszillografenröhre geführt.

Da in dieser Kippschaltung das Schirmgitter merklich strombelastet wird, ist allem in der Schaltstellung 1, in der die Ablenkung abgeschaltet ist, wurde eine EL 83 verwendet. Die anfangs vorgesehene EF 80 liegt zu sehr an der Schirmgittergrenzbelastung. Da aber der Strom

Verbrauch der EL 83 in dieser Schaltung ist unwesentlich höher liegt und die Röhre im Preis sogar niedriger ist, ergeben sich keine Nachteile außer der größeren Bauhöhe.

Die FrequenzgrobEinstellung wird durch Umschalten der Kapazitäten $C_{10} \dots C_{18}$ und $C_{20} \dots C_{28}$ vorgenommen, während die Feineinstellung durch P_4 erfolgt. Mit den angegebenen Kapazitätswerten läßt sich eine gute Überlappung der Grobstufen erreichen, allerdings muß in den letzten Bereichen die Schaltkapazität klein gehalten werden.

Meßverstärker

Die Schaltung des Meßverstärkers gewährleistet bei kleinstem Aufwand gute Verstärkung und Bandbreite.

Wie im Werk für Fernmeldewesen WF, Berlin, in der Entwicklung befindliche Breitbandpentode EF 861 (ähnlich Valvo 180 F) steht noch nicht zur Verfügung. Es sei aber trotzdem kurz erwähnt, was mit dieser Röhre erreicht werden kann. In RC-Schaltung mit $R_k = 150 \Omega$, $R_a = 1 \text{ k}\Omega$ und $R_{g2} = 25 \text{ k}\Omega$ erhält man eine Verstärkung von 70fach und eine obere Grenzfrequenz von 1,1 MHz bei -3 dB (30%) Verstärkungsabfall. Bei $R_k = 150 \Omega$, $R_{g2} = 25 \text{ k}\Omega$ und $R_a = 12,5 \text{ k}\Omega$ erreicht man $V = 135$ fach und eine Grenzfrequenz von 0,6 MHz.

Wenn man den Meßverstärker vorläufig mit der EF 80 auslegt, kann er später ohne Schwierigkeiten auf die EF 861 umgestellt werden. Mit der EF 80 in RC-Schaltung ergibt sich ein günstiger Kompromiß zwischen Verstärkung und Bandbreite bei Verwendung eines Außenwiderstandes von $12,5 \text{ k}\Omega$ (DIN-Wert). Hierbei ist die Verstärkung etwa 75fach und die obere Grenzfrequenz liegt bei 600 kHz

lichkeiten der Bildröhre ergibt sich eine Eingangsempfindlichkeit von $150 \text{ mV}_{\text{eff}}/\text{cm}$ für die Röhre EF 80.

Ein zweistufiger Verstärker, der natürlich bessere Verstärkung und Bandbreite bringen würde, wäre nur mit Subminiaturröhren vorteilhaft, wenn man den mechanischen Aufbau nicht zu sehr komplizieren will. Hierfür wären zwei EF 762 geeignet und eine EC 760 als Katodenverstärkereingangsstufe. Dieser Verstärker müßte aber zweckmäßig als Zusatzgerät aufgebaut werden und wäre dann auch für andere Zwecke zu verwenden. Eine Beschreibung für ein solches Gerät wird in RADIO UND FERNSEHEN veröffentlicht, sobald die Röhren im Handel zu haben sind.

Der Eingang des Meßverstärkers (Bu_1) enthält ein Potentiometer P_3 von $100 \text{ k}\Omega$ zur Einregelung der Amplitude. Dieser Wert kann nicht größer werden, weil sonst bei herabgehaltener Amplitude die zum Schleifer parallel liegenden Eingangskapazitäten eine Benachteiligung der hohen Frequenzen verursachen würden.

Um bei hochohmigen Meßpunkten mit geringerer Belastung messen zu können, wurde eine Schaltbuchse (Bu_1) verwendet. Wird der Stecker zu $2/3$ in die Eingangsbuchse eingeschoben, dann ist der Potentiometereingang eingeschaltet, wird der Stecker vollständig in die Buchse hineingeschoben, ist das Potentiometer abgeschaltet und die Eingangsbuchse liegt über C_7 direkt am Gitter der EF 80, wobei nur noch der $1\text{-M}\Omega$ -Ableitwiderstand als Belastung für das Meßobjekt wirkt.

(Hinweise für einen Steckspannungsteiler folgen im Teil 2 der Bauanleitung.)

Bei häufigem Gebrauch kann es vorkommen, daß die Kontakte der Schaltbuchsen nicht einwandfrei arbeiten. Dieser Fehler

läßt sich durch Justieren und Säubern im allgemeinen leicht beheben. Wenn man keine Schaltbuchsen verwenden, aber auf den umschaltbaren Eingang nicht verzichten will, bleibt noch die Möglichkeit der Verwendung zweier Eingangsbuchsen mit einem Schalter am Eingangspotentiometer (siehe Bild 5).

Die untere Grenzfrequenz des Verstärkers wird hauptsächlich durch den Ankoppelkondensator C_7 und den Katodenkondensator C_6 bestimmt. Beide wurden so gewählt, daß sich eine Grenzfrequenz von 24 Hz für 3 dB Verstärkungsabfall ergibt. Eine Verdopplung der beiden Kapazitätswerte würde eine Herabsetzung der Grenzfrequenz auf 16 Hz ergeben. Über C_9 wird die verstärkte Meßspannung auf die unsymmetrisch geschaltete Meßplatte geleitet, die einen Ableitwiderstand von $3 \text{ M}\Omega$ (R_8) hat.

Meß- und Zeitplatten

Wie im Abschnitt „Netzteil“ erwähnt wurde, ist die Schaltung so ausgelegt, daß die Meß- und Zeitplatten galvanisch zugänglich sind. Auch hier werden Schaltbuchsen verwendet, mit denen folgende Schaltungen möglich sind:

Meßplatten (Bu_3):

- Bei ganz eingeführtem Meßstecker wird der Meßverstärker abgeschaltet und die von außen zugeführte Meßspannung nur durch den $3\text{-M}\Omega$ -Widerstand R_8 belastet.
- Bei $2/3$ eingeführtem Meßstecker kann die Meßspannung am Verstärkerausgang entnommen werden, die Meßplatten bleiben dabei angeschaltet.
- Es kann bei $2/3$ eingeführtem Meßstecker eine zusätzliche Gleichspannung zur Strahlverschiebung angeschaltet werden, wie es für fotografische Aufnahmen vorteilhaft ist. Auch Zeitmarken können evtl. eingeblendet werden.

Zeitplatten (Bu_4):

Hierfür ergeben sich analog die Möglichkeiten der Zuführung fremder Ablenkspannung, z. B. zur Erzeugung von Lissajousfiguren, die Entnahme der Kippspannung und ebenfalls der Strahlverschiebung.

Hell-Dunkel-Steuerung (Bu_5)

Über diese Buchse können Impulse zur Helligkeitsmodulation zugeführt werden. Mit eingeführtem Meßstecker wird die eingebaute Rücklaufdunkelsteuerung unwirksam und Gitter 1 der Oszillografenröhre liegt über C_{30} an der Buchse.

Zusammenstellung der Einzelteile

Teil	Benennung	Größe
$R\ddot{o}_1$	Oszillografenröhre B 4 S 1	
$R\ddot{o}_2$	Miniaturröhre EF 80	
$R\ddot{o}_3$	Miniaturröhre EL 83	
R_1	Schichtwiderstand	$2 \text{ k}\Omega$, $0,25 \text{ W}$; 20 %
R_2	Schichtwiderstand	$50 \text{ k}\Omega$, $0,25 \text{ W}$; 20 %
R_3	Schichtwiderstand	$2 \text{ k}\Omega$, $0,5 \text{ W}$; 20 %
R_4	Schichtwiderstand	$1 \text{ M}\Omega$, $0,25 \text{ W}$; 20 %
R_5	Schichtwiderstand	$100 \text{ k}\Omega$, $0,25 \text{ W}$; 20 %
R_6	Schichtwiderstand	$300 \text{ k}\Omega$, $0,5 \text{ W}$; 20 %
R_7	Schichtwiderstand	$3 \text{ M}\Omega$, $0,25 \text{ W}$; 20 %

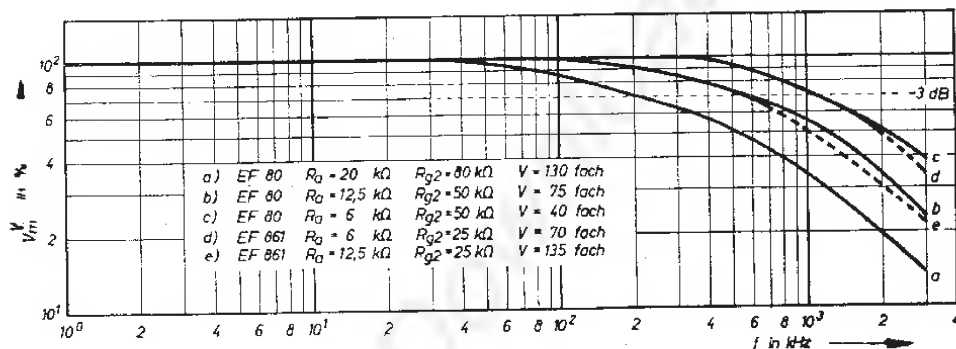


Bild 4: Frequenzgang des Verstärkers mit EF 80 bzw. EF 861 mit verschiedenen Außenwiderständen

für 3 dB (30%) Abfall der Verstärkung (s. Bild 4). In diesem Diagramm sind auch für andere Anoden- und Schirmgitterwiderstände die zu erreichenden Verstärkungen und Bandbreiten angegeben. Man wird je nach Hauptverwendungszweck die höhere Verstärkung oder die größere Bandbreite wählen. Eine Kompensation des Verstärkungsabfalls bei hohen Frequenzen durch eine Drossel-Kondensator-Kombination für R_a wurde nicht verwendet, weil sich dabei Einschwingvorgänge einstellen können, die oft störender sind als der Verstärkungsabfall.

Mit den im Schaltbild gewählten Arbeitswiderständen und den Ablenkempfind-

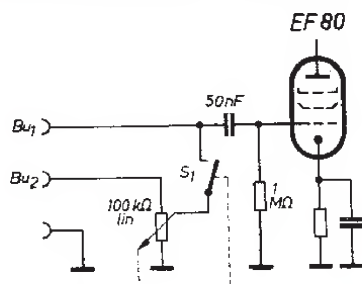


Bild 5: Verstärkereingang mit zwei Telefonbuchsen und einpoligem Schalter

$R_e = 1 \text{ M}\Omega$: Eingang Bu_1 bei offenem S_1 ;

$R_e = 100 \text{ k}\Omega$, regelbarer Eingang: Bu_2 bei geschlossenem S_1 , S_1 evtl. mit Potentiometer gekoppelt

Bauanleitung für den Kleinstoszillografen „Oszi 40“, Teil 2 und Schluß

Erläuterung des Aufbaus

Die Abmessungen des Gerätes, 90 mm Breite, 160 mm Höhe und 200 mm Tiefe, führen zu einem gedrängten Aufbau. Die Tiefe des Oszillografen wird durch die Größe der B 4 S 1 und den dahinterliegenden Netztrafo bestimmt. Der Netztrafo mit seiner Jochachse muß genau mit der elektrischen Achse der Oszillografenröhre fluchten, weil nur so das Streufeld des Netztrafos am wenigsten die Auslenkung des Katodenstrahls beeinflußt.

Breite und Höhe des Oszillografen werden durch die Abmessungen und Zahl der Regelorgane und den Durchmesser der B 4 S 1 (mit Abschirmung) gegeben und lassen sich, ohne den Bedienungskomfort zu verschlechtern, nicht mehr reduzieren. Der nun verbleibende Raum wurde nach den physikalisch günstigsten und konstruktiv möglichen Gesichtspunkten aufgeteilt.

Bild 7 (Aufbauschema) ist zu entnehmen, daß das Gerät vorn zwei Frontplatten (Frontplatte und Reglerplatte) hat. Diese etwas umständlich erscheinende Konstruktion wurde gewählt, um die Frontplatte nicht durch alle möglichen Befestigungsschrauben (auch die Muttern der Potentiometer) und zwangsläufig abzuhängende Reglerknöpfe zu verschandeln. Alle Regler, Befestigungen für Stützpunkte, Befestigungsschrauben, Schaltbuchsen usw. werden auf der Reglerplatte montiert. Durch 6-mm-Vierkantmaterial auf Abstand gehalten, wird die Frontplatte mit der Beschriftung nur noch davorgeschraubt. In diese Vierkantbohrungen werden außerdem seitlich 3-mm-Gewindebohrungen eingebracht und ersparen so Befestigungswinkel für das Gehäuse. Hinter der Reglerplatte liegt dann der Montagewinkel für den Verstärker und den Kippteil. Diese Baugruppe kann vor dem Einbau vollständig verdrahtet, dann eingebaut und mit den übrigen Baugruppen verschaltet werden.

Im hinteren Drittel ist der Montagewinkel für den Netzteil angebracht. Dieser trägt nach vorn die Oszillografenröhre mit ihrer Abschirmung, nach hinten den Netzteil und seitlich die Schaltbuchsen für die Meß- und Zeitplatten sowie die Dunkel-Hell-Steuerung.

Der Winkel für den Netzanschluß dient zum Abfangen der Netzsehnur und trägt das Sicherungseinbauelement. In der Mitte ist ein kleiner Würfel mit einer Gewindebohrung zur Gehäusebefestigung angeietet. Diese einzelnen Bauteile werden auf der Grundplatte nach dem Aufbauschema maßgerecht montiert. Die Bauteile des Gerätes sind somit selbst im montierten Zustand von fast allen Seiten zugänglich. Das vorn und unten offene Gehäuse läßt sich leicht darüberschieben und festschrauben.

Fertigung der Einzelteile

Die einzelnen Bauteile (Frontplatte, Reglerplatte, Montagewinkel für Verstärker

und Kippteil, Montagewinkel für Netzteil, Montagewinkel für Netzanschluß und Grundplatte) werden nach den Skizzen (Bilder 8 bis 16) angefertigt. Dabei ist darauf zu achten, daß zentralsymmetrische Bohrungen zur Befestigung oder für die Gummifüße und dgl. nur einmal vermaßt wurden. Ferner fehlen die Maße für Bohrungen der Drahtdurchführungen und die Befestigungen verschiedener Bauelemente — sie sind nur der Lage nach angedeutet —, weil diese sich nach den gerade zur Verfügung stehenden Materialien richten.

Als Material für die Frontplatte (Bild 8) ist Dural, eloxiert, 1 mm, oder Resopal, 1,2 mm, angegeben. Wer Wert auf eine saubere Ausführung gerade des Gesichtes seines Gerätes legt, berate sich mit einem Graveurmeister, was dieser für Material am Lager hat, kaufe dort ein passendes Stück, bearbeite es und lasse es dann nach Skizze gravieren¹⁾. Wer diese Ausgaben scheut, kann die Frontplatte natürlich aus Blech anfertigen, schwarz spritzen und mit weißer Tusche beschriften.

Hier noch ein Hinweis für die Bohrungen der Regler, Buchsen und Oszillografenröhre durch die Front- und die Reglerplatte. Da diese Bohrungen genau übereinstimmen müssen, ist es zweckmäßig, wie folgt zu verfahren:

Nachdem beide Platten zugeschnitten, die Reglerplatte (Bild 9) abgewinkelt und die entsprechenden Bohrungen auf der Frontplatte angerissen sind, werden beide Platten mit Feilkloben zusammengeschraubt und die Bohrungen durch beide Platten mit einem kleinen Bohrer (etwa 2,5 Ø) vorgebohrt. Dann erst werden die Löcher einzeln auf die erforderlichen Durchmesser aufgebohrt und die für die Montage der Schaltbuchsen erforderlichen viereckigen Durchbrüche ausgearbeitet. Diese Bearbeitungsmethode erspart bei der späteren Montage oft langwierige Einpaßarbeiten und vermeidet die unruhlichen „Langlöcher“. Wer eine fertige Frontplatte kauft, wird diese zum Anreißen benutzen.

Bei dem Montagewinkel für den Verstärker und den Kippteil (Bild 10) ist darauf zu achten, daß die angegebenen Maße für das Loch, 10,5 mm Ø, für den Grobstufenschalter $S_{2/I+II}$ genauestens eingehalten werden bzw. daß diese Bohrung genau mit den Bohrungen in der Frontplatte und in der Reglerplatte fluchten muß, falls diese beim Bohren „weggelaufen“ sein sollten.

Der Montagewinkel für den Netzteil mit den Befestigungslaschen für die Schaltbuchsen besteht nach Bild 11 aus einem Stück. Man kann die Befestigungslaschen für die Schaltbuchsen auch einzeln anfertigen und annieten oder löten. Wichtig

ist nur, daß die angegebenen Maße für die Buchsen eingehalten werden, da die Bohrungen im Gehäuse sonst nicht mit dem Sitz der Buchsen übereinstimmen.

Die Bohrungen für die Trafobefestigungswinkel sind genau zentralsymmetrisch zur Fassung der B 4 S 1 angegeben. Die Maße sind gegebenenfalls nach den am verwendeten Trafo vorhandenen Maßen zu korrigieren. Das „vierte Bein“ des Trafos fällt weg, da rechts unterhalb der Fassung der B 4 S 1 ein 11-mm-Loch gebohrt werden muß, um Platz zum Einsetzen der EL 83 zu gewinnen. Die Bohrungen für die Abschirmung der B 4 S 1 werden nach Anprobe angerissen.

Den Abschirmzylinder für die Oszillografenröhre (Bild 12) fertige man zweckmäßig aus weichem Eisen. Wer diese Arbeit nicht selbst ausführen kann, übergibt sie einem Klempner. Am Stoß lötet man fast über die ganze Länge eine der Rundung etwas angepaßte Lasche auf, die, am Ende abgewinkelt, zur Befestigung dient. Gegenüber wird ein gleicher Befestigungswinkel angelötet. In die im vorderen Teil angegebene 2-mm-Gewindebohrung wird zur Arretierung des Blendschutzes, nachdem der Blendschutz eingeschoben ist, eine etwa 3,5 mm lange Schraube eingeschraubt, die in die 14 mm lange Führung des Blendschutzes hineinragt.

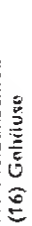
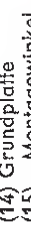
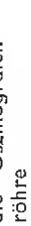
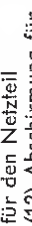
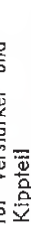
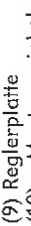
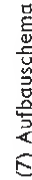
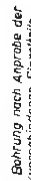
Der Blendschutz wird nach Bild 13 angefertigt und muß sich in der Abschirmung leicht hin und her bewegen lassen. Der vernickelte Messingring dient zur Stabilität und zur Zierde und ist nicht unbedingt erforderlich.

Man hüte sich davor, hochpermeable Werkstoffe (Mu-Metall, Permalloy usw.) für die Abschirmung zu verwenden, wenn man diese nicht nach der Bearbeitung der für den Werkstoff vorgeschriebenen Nachbehandlung unterwerfen kann. Solche Abschirmungen wirken dann schlechter als eine aus Feineisen- oder sogar Schwarzblech, ja sie können sogar Strahlverschiebungen hervorrufen (große Remanenz des Molekularmagnetismus).

Die Grundplatte und der Montagewinkel für den Netzanschluß können leicht nach den Bildern 14 und 15 angefertigt werden. Die Befestigungsbohrungen für die einzelnen Montagewinkel liegen alle symmetrisch zur Längsachse 60 mm auseinander. Ihre Maße vom vorderen Ende der Grundplatte (in der Skizze: Maße a, b, d, e) werden zweckmäßig nach den Bohrungen in den Einzelteilen angerissen, da diese durch das Abkanten doch nicht allzu genau sitzen werden; die Maße der Abstände der einzelnen Bauteile entsprechend Bild 7 (Aufbauschema) müssen jedoch genau eingehalten werden.

Die Abmessungen des Gehäuses sind Bild 16 zu entnehmen. Die Rückwand wurde einzeln gefertigt und eingesetzt. Sauberes und maßgerechtes Arbeiten ist auch hier erforderlich. Durch die beiden Bohrungen unten in der Rückwand wird die Netzsehnur geführt und ist die

¹⁾ Fa. Max Jahr, Erfurt, Meienbergstr. 24, fertigt die vollständig gebohrte und gravierte Frontplatte auf Bestellung zum Preise von etwa DM 7,50.



draubkappe des Sicherungseinbauelementes herauszunehmen. Das Gehäuse ist dadurch auch nach dem Abnehmen der Länge der Netzschnur mit dem Zillograf verbunden. Wer dieses nicht möchte, schneide die Bohrungen nach den auf. Das Gehäuse einschließlich Endplatte muß wegen der besseren magnetischen Abschirmwirkung aus Eisen gefertigt werden. Für die anderen Teile kann auch Aluminium verwendet werden. Der Kleinstozillograf wiegt komplett ca. 3,4 kg.

Bauvorschrift für den Netztrafo

Als Eisenkern wird ein M 65 (nach DIN) verwendet. Die Wickeldaten des Netztrafos (Tr₁) sind in der Bauvorschrift angegeben. Die Schaltung der einzelnen Wicklungen für die verschiedenen Netzspannungen 110, 127, 220, 240 sind Bild 17 entnehmen. Wer diese Umschaltmöglichkeit nicht vorsehen will, wickle für 230 V 1765 Windungen mit der angegebenen Drahtstärke.

Nach Bauvorschrift ausgeführte Trafo für ununterbrochenen Betrieb berech-

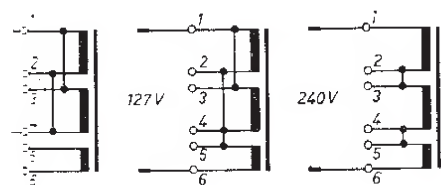


Bild 17: Umschaltung des Netztrafos für die verschiedenen Netzspannungen

Allerdings ist der Wickelraum infolge der erforderlichen Isolationslagen sehr knapp. Aus diesem Grunde muß das Trafo nach dieser Bauvorschrift einer erfahrenen Wickelfirma übertragen werden. Die Stromaufnahme des Trafos im Leerlauf 65 mA nicht übersteigen. Vollbelastet beträgt der Strom ca. 100 mA.

Man muß zu, daß sich der Trafo stärker erwärmt, so können die in Klammern gekennzeichneten Drahtstärken (Stromdichten 3,5 A/mm²) verwendet werden, und der Trafo kann dann auch von weniger verarbeiteten Kräften gewickelt werden.

Montage der Bauteile

Verschiedene Hinweise zur Montage wurden bereits bei der Besprechung der Anordnung der Bauteile gegeben. Zur Erinnerung noch folgendes:

Bohrungen für die Befestigungsschrauben für die Frontplatte sind auf den entsprechenden Skizzen angegeben, nicht die Gewindebohrungen in der Frontschiene. Die Teile werden genau übereinandergelegt (nötigenfalls Ausbuchtungen auf der Richtplatte), mit Feilen verbunden, und dann wird auf der Frontschiene angerissen oder vorsichtig gebohrt (nur wer geübt ist). Man hat die Gewähr, daß auch alle Löcher übereinstimmen. Die seitlichen Gewindebohrungen nach Fertigstellung des Gehäuses bohren. Ähnlich verfährt man mit den Bohrungen durch die Grundplatte für die eigenen Montagewinkel.

Bauvorschrift Tr₁ (M 65)

Grundisolation 2 × 0,1 Lackpapier

Wicklung I Anschl. 1—2

Isolation 3 × 0,1 Lackpapier

Wicklung II Anschl. 3—4

Isolation 3 × 0,1 Lackpapier

Wicklung III Anschl. 5—6

Zwischenisolation 5 × 0,1 Lackpapier

Wicklung IV Anschl. 9—8

Wicklung IV Anschl. 8—7

Isolation 5 × 0,1 Lackpapier

Wicklung V Anschl. 10—11

Isolation 3 × 0,1 Lackpapier

Wicklung VI Anschl. 12—13

Wicklung VI Anschl. 13—14

Deckisolation 2 × 0,1 Lackpapier

1 × Ölseide

Als Lagenisolation: 1 × 0,03 Lackpapier

Etwa 72 Bleche, 0,35 stark Dyn. Bl. III wechselseitig

ohne Luftspalt schachteln

820 Wdg. 0,2 Ø (0,18) Cul

820 Wdg. 0,2 Ø (0,18) Cul

125 Wdg. 0,26 Ø (0,25) Cul

2000 Wdg. 0,1 Ø (0,09) Cul

1600 Wdg. 0,07 Ø (0,06) Cul

50 Wdg. 0,4 Ø (0,4) Cul

32 Wdg. 0,85 Ø (0,80) Cul

18 Wdg. 0,85 Ø (0,80) Cul

Montage der Bauelemente und Verdrahtung (s. auch Bilder 1 und 2 im Teil 1)

Die Regler und Röhrenfassungen werden in den entsprechenden Bohrungen befestigt. Der Platz unter dem Netztrafo steht völlig dem Netzteil zur Verfügung. Hier werden die Elkos auf einer Pertinaxplatte und der Selengleichrichter Gr₂ (wenn ein Pillengleichrichter zur Verfügung steht) montiert (Bild 2). Gr₂ liegt oben parallel zur B 4 S 1 (im Bild 1 zu sehen). Stehen diese Pillengleichrichter für 10 mA nicht zur Verfügung, so montiere man die üblichen runden 30-mA- bzw. quadratischen 40-mA-Plattengleichrichter auf dem Montagewinkel des Netzteils etwa da, wo jetzt die Bohrungen für die Drahtführung liegen, und verlege diese einschließlich Kabelbaum etwas zur Mitte. Die Gleichrichter liegen dann parallel zur Röhre B 4 S 1.

Der Platz zwischen dem Montagewinkel für den Netzteil und dem Winkel für den Verstärker und den Kippteil steht den

beiden Röhren EF 80 und EL 83, den Kondensatoren für den Kippteil und verschiedenen Bauelementen des Verstärkers zur Verfügung. Bild 18 zeigt die Montage der frequenzbestimmenden großen Kondensatoren des Kippteils auf einem Schaltbrettchen und ihre Zusammenschaltung mit dem Schalter. Hier erscheinen einige Kondensatoren mehr als im Schaltbild angegeben, da die Werte von C₁₁, C₁₂ und meist auch C₁₃ aus mehreren Kondensatoren der DIN-Reihe zusammengestellt werden.

(C₁₁ = 1 × 25 nF + 1 × 10 nF;

C₁₂ = 1 × 5 nF + 1 × 4 nF, evtl. aus 10 nF aussuchen;

C₁₃ = 1 × 2,5 nF + 1 × 500 pF).

Wichtig ist, daß die Kondensatoren der drei höchsten Kippfrequenzbereiche (C₁₆, 17, 18 und C₂₆, 27, 28) so kurz wie möglich angeschlossen werden und sich gegenseitig so wenig wie möglich „sehen“. (Kleine Streukapazitäten anstreben.)

Bild 18: Rechte Seitenansicht des verdrahteten Montagewinkels für Verstärker und Kippteil

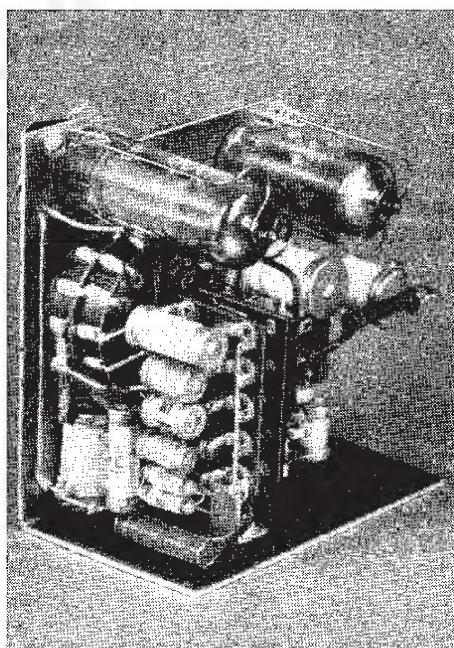
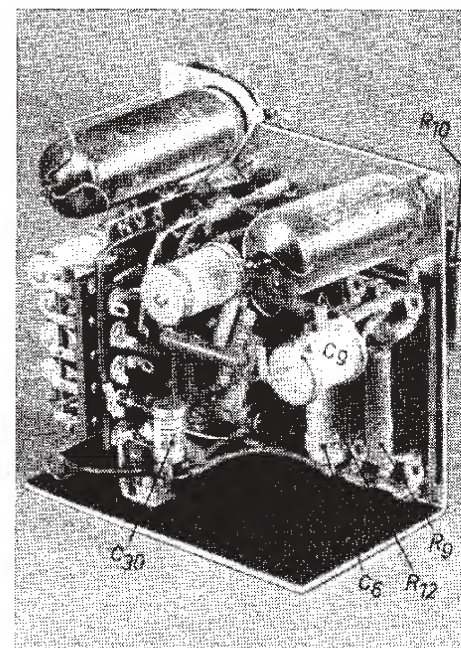


Bild 19: Linke Seitenansicht des Montagewinkels für Verstärker und Kippteil



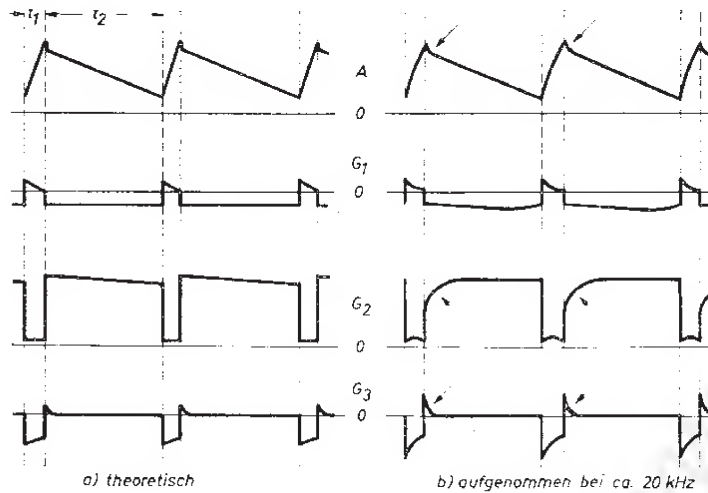
Wird dies nicht beachtet, so kommt es zu unerwünschten Verschleifungen der einzelnen Spannungsverläufe am Schirmgitter und an der Anode, und der Sägezahn wird unlinear, oder die Rücklaufzeiten werden unzulässig lang. Man vergewärtige sich die Funktion der Schaltung. Die Stromübernahme vom Gitter 2 und die negative Spannung am Gitter 3 sind für die Rücklaufzeit verantwortlich

die Schaltbuchsen quer durch die Reglerplatte von hinten durchgesteckt und, in die senkrechte Lage gedreht, von vorn angeschraubt werden, so daß sie ungefähr die gleiche Ebene der Frontplatte erreichen.

Erprobungshinweise

Nachdem der Oszillograf in allen seinen Teilen sorgfältig verdrahtet ist, wird er,

Bild 20: Spannungsverläufe an den einzelnen Elektroden
 t_1 = Hinlauf
 t_2 = Rücklauf



(siehe Bild 20 a). Die Stromübernahme der Anode vom Gitter 2 und die positive Spannung vom Gitter 3 beeinflussen wesentlich die Linearität. Natürlich werden bei tieferen Frequenzen (mit den verhältnismäßig hohen Wirkkapazitäten) die Streukapazitäten nicht mehr so stark stören, und die im Bild 18 zu erkennenden Zuleitungen zu diesen Kapazitäten sind zu vertragen. Man halte sich in diesem Punkt streng an die hier gegebenen Hinweise. Ähnliche Überlegungen führten auch zur Anordnung der Regelglieder auf der Frontplatte. Da der Regler für die Synchronisation (P_6) in bezug auf Leitungsführung und Streukapazitäten sehr empfindlich ist, mußte er sehr nahe an der Röhre, also direkt über dem Schalter, angeordnet werden. Dadurch blieb für den „Frequenz fein“-Regler P_1 nur noch der Platz über dem „Verstärker“-Regler P_2 übrig. Da P_1 nur eine kleine Wechselspannung führt, ist außerdem die Einstreuegefahr auf den Verstärker gering, und man kommt ohne Abschirmung aus. Die Verdrahtung des Verstärkers ergibt sich zwangsläufig durch die Anordnung der Bauelemente. Der Schirmgitterkondensator C_6 ist zwischen den beiden Schaltbuchsen vor dem Montagewinkel für Verstärker und Kippteil auf der Grundplatte befestigt. Wichtig ist noch eine möglichst kurze Zuleitung zum Katodenelko (C_6) und möglichst kleine Schaltkapazitäten und Erdkapazitäten für die Ausgangsleitung (R_9 , C_9 , Bu_9), da sonst die angegebenen Grenzfrequenzen nicht erreicht werden.

Da diese ganze Baugruppe schon vor dem Einsetzen verdrahtet wird, ist eine Achsverlängerung (s. Bild 2 im Teil 1) für S_2 notwendig, da sich diese Einheit sonst nur sehr schwer einbauen ließe. Zur Montage und Verdrahtung der Reglerplatte ist eigentlich nur zu bemerken, daß

zunächst ohne Röhren, eingeschaltet. Stimmen die beiden Gleichspannungen (die Spannungen am Ladekondensator des jeweiligen Gleichrichterkreises tragen während der Anheizzeit der Röhren 330 V bzw. 540 V, im Betrieb dann 230 V bzw. 415 V) in Betrag und Polarität (Elkos!) und liegen die richtigen Heizspannungen (für B 4 S 1 nur 4 V) an, so werden die Röhren eingesetzt. Dabei ist darauf zu achten, daß der Helligkeitsregler auf dunkel (Linksanschlag) steht. Dies ist bei jedem Einschalten wichtig, um die Leuchtschicht der Oszillografenröhren zu schonen. Nach kurzer Anheizzeit wird bei vorsichtigem Betätigen des Helligkeitsreglers ein mehr oder weniger scharfer Leuchtfleck, der sich durch den Regler „Scharf“ fokussieren läßt, erscheinen. Beim Einrasten des „Zeit grob“-Schalters in die erste Arbeitsstellung muß der Punkt bei kleinster Kippfrequenz („Zeit fein“-Regler auf Linksanschlag) noch sichtbar von links nach rechts huschen. Mit größer werdender Kippfrequenz erscheint dem Auge der sich schnell bewegende Punkt als Linie der Zeitbasis.

Der Verstärker muß eine Eingangsspannung von $0,15 V_{eff}$ bei 50 Hz auf eine Bildgröße von mindestens 1 cm vergrößern. Bei voll aufgedrehtem Verstärkungsregler darf der Punkt vertikal nicht abgelenkt werden oder die Zeitbasis breiter erscheinen. Dies ist ein Zeichen für Einstreuungen auf den Verstärker, für Brummen oder Schwingen. Zur Kontrolle der Verstärkung und des Frequenzganges sind Röhrenvoltmeter und ein NF- bzw. HF-Generator erforderlich.

Der Eingangsregler (P_3) in Verbindung mit den Röhren- und Schaltkapazitäten ist frequenzabhängig. Bild 21 a zeigt ein Beispiel, wie ein Steckspannungsteiler geschaltet werden muß, um die Eingangs-

spannung in Stufen frequenzunabhängig herabzusetzen. Dieser Spannungsteiler kann in einem kleinen Kästchen untergebracht werden, das zwei Stecker zum Einführen in die mit „Eingang“

bezeichneten Buchsen besitzt und mit den im Oszillografen eingebauten Regler abschaltet. Um an empfindlichen Meßpunkten besser messen zu können ist es noch vorteilhafter, die Spannungsteiler mit je einem festen Spannungsteilverhältnis in Form eines Tastkopfes auszubilden (Bilder 21 b, c). Zu beachten ist, daß die abgeschirmte Zuleitung zwischen Tastkopf und „Oszi 40“ keine größere Kapazität als C_{33} ($\approx 15 pF$) hat. Je nach Typ des verwendeten Kabels muß die entsprechende Länge ausgewählt werden (Beispiel: 0,60 m Schaltleitung des Kabelwerkes Vacha, Typ 8016.1 oder 418a; Handel als blaues HF- oder Antennenkabel mit Perlenisolation bekannt.) Hat man sich streng an die Werte der Schaltung und die in der Beschreibung und Bauanleitung gegebenen Hinweise gehalten, so wird der Kippteil gut arbeiten, die Kippfrequenzen überlappen sich in den Bereichen, und die Kippamplitude ist groß genug.

Die neun Bereiche unterteilen sich etwa wie folgt:

- Bereich 1: 8 Hz ... 28 Hz
- Bereich 2: 25 Hz ... 100 Hz
- Bereich 3: 75 Hz ... 300 Hz
- Bereich 4: 275 Hz ... 1050 Hz
- Bereich 5: 950 Hz ... 3,5 kHz
- Bereich 6: 2,7 kHz ... 10 kHz
- Bereich 7: 8 kHz ... 23 kHz
- Bereich 8: 22 kHz ... 60 kHz
- Bereich 9: 40 kHz ... 110 kHz

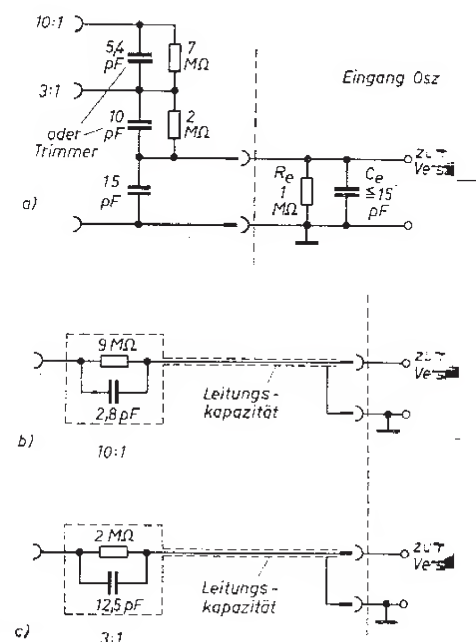


Bild 21: Beispiele für Eingangsspannungsteiler
a) Steckspannungsteiler zur Herabsetzung Eingangsspannung im Verhältnis 10:1 und b, c) Schaltung von Spannungsteilern als Tastköpfe zum Messen an empfindlichen Punkten

Das Verhältnis Hin- zu Rücklauf ist 10:1, wird bei 10 kHz etwa 9:1 und verändert sich bei etwa 100 kHz auf 3:1. Eine bei hohen Kippfrequenzen kleiner werdende Kippamplitude (Zeitbasis) deutet auf zu große Erdkapazitäten der Anode, C_{19} und C_{20} gegen Masse hin. Will man den Kipp- teil eingehender untersuchen bzw. kontrollieren, so benötigt man dazu einen weiteren Oszillografen.

Bereits im Abschnitt „Montage und Verdrahtung“ verwiesen wir auf die Zusammenstellung der Diagramme der Spannungsverläufe an den einzelnen Elektroden. Wir ergänzen diese rein theoretisch gezeichneten Verläufe durch tatsächlich aufgenommene (Bild 20b). Deutlich sind hier schon das Verflachen der Stromübernahmezeiten zwischen Gitter 2 (Pfeil) und Anode sowie der zuläng positiv bleibende Impuls von Gitter 3 (Pfeil) zu erkennen. Die im Negativen nicht exakt konstant verlaufende Spannung von Gitter 1 ist richtig so und darf nicht anders aussehen. Die Spannung an der Anode ist für uns das wichtigste, sie verläuft nach dem kurzen Abfall, auch „Startsprung“ (Pfeil) genannt, exakt linear. Der steile Anstieg ist der Rücklauf.

Nach höheren Frequenzen zu bilden sich die durch Pfeile markierten Stellen in den Diagrammen immer stärker aus, verlängern die Rücklaufzeit und verschlechtern die Linearität. Die Diagramme sind bei etwa 20 kHz aufgenommen und zeigen, daß der Kipp- teil trotz der Verschleifungen noch voll den Anforderungen genügt.

Steht kein zweiter Oszillograf zum Prüfen zur Verfügung, so kann man die Linearität durch Auflösen von ungedämpften Schwingungen entsprechender Frequenz beurteilen. Erscheint eine Vielzahl von Schusswellen in gleichem Abstand voneinander, dann ist die Linearität gut.

Die Kontrolle der Synchronisationsschaltung erfolgt am einfachsten durch eine über den Verstärker angelegte und auf dem Bildschirm eingeregelter Wechselspannung von etwa 1 kHz. Es muß sich bei etwa halb aufgedrehtem Synchronisationsregler beim Durchregeln des „Zeit- feinst“-Reglers ein deutlicher Haltebereich ergeben (trotz Weiterdrehen des „Zeit- feinst“-Reglers zeigt sich ein stehendes Bild der Meßfrequenz). Schaltungsgebern wird die Synchronisation bei höheren Frequenzen besser wirken. (RC-Glied C_{19} , P_{19}) An dieser Stelle sei erwähnt, daß bei der Einstellung eines Vorganges technisch am günstigsten zuerst bei abgeschalteter Synchronisation mit dem „Zeit- feinst“-Regler möglichst ein stehendes Bild einstellt und dann nur soweit synchronisiert, wie es unbedingt erforderlich ist.

Anwendungsbeispiele

Die angegebene Bandbreite des nach Originalschaltung gebauten Verstärkers von 24 Hz... 600 kHz erscheint zunächst für Untersuchungen an Fernsehgeräten zu schmal.

Aus diesem Grunde stellen wir einige Oszillogramme aus einem Fernsehgerät zur Verfügung. Bild 22 zeigt den Spannungs-

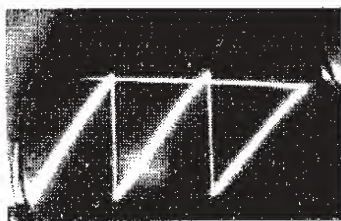


Bild 22: Aufnahmen des Spannungsverlaufes an der Anode des Bildkippsperrschwingers

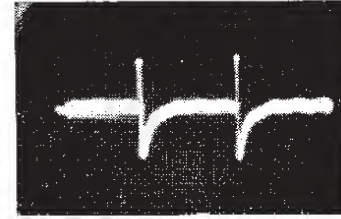
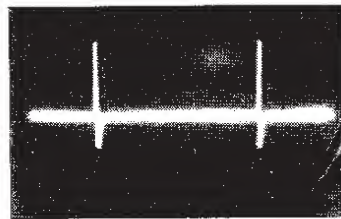
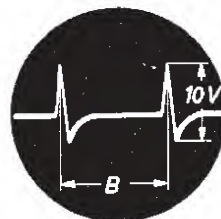


Bild 23: Aufnahmen des unverstärkten Synchronisierimpulses, Bildkipp

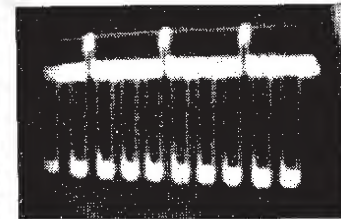
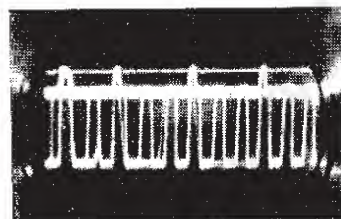
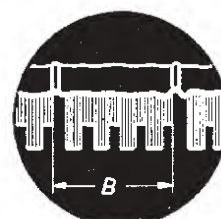


Bild 24: Aufnahmen des Videosignals (siehe Text)

a) vom Gerätehersteller vorgezeichneter Verlauf

b) mit einem Hochleistungsoszillografen aufgenommen

c) mit dem „Oszi 40“ aufgenommen

verlauf an der Anode vom Sperrschwinger des Bildkippgenerators. a) ist jeweils das in der Schaltung vom Gerätehersteller vorgeschriebene, gezeichnete Oszillogramm, b) ist die Fotografie des mit einem Hochleistungsoszillografen (Bandbreite bis 7 MHz) aufgenommenen Spannungsverlaufes und c) das Bild des an der gleichen Stelle aufgenommenen Oszillogrammes des Kleinstoszillografen. Bild 23 zeigt den unverstärkten Synchronisierimpuls, wie er am Gitter 1 des Synchronisierverstärkers aussehen muß.

Die Beispiele in den Bildern 22 und 23 zeigen deutlich, daß der Kleinstoszillograf eine gute Beurteilung der einzelnen Schaltungsgruppen eines Fernsehgerätes gestattet.

Zum Bild 24 (Videosignal) sei erwähnt, daß das vom Hersteller verwendete Videosignal seines Testbildes a) grundverschie-

den von dem Signal ist, das den Verfassern aus dem Fernservicetester Typ FSK 1 vom VEB Werk für Fernmeldewesen, Berlin, zur Verfügung stand und in b) und c) dargestellt ist. In diesem Fall kann man nur b) und c) vergleichen. Die Qualität der Oszillogramme kann an der Flankensteilheit und an den mehr oder weniger scharfen Ecken der Übergänge von den senkrechten auf die waagerechten Linien abgeschätzt werden. Während die im Bild 24 gezeigten Diagramme absichtlich über den Verstärker des „Oszi 40“ aufgenommen wurden, kann das Videosignal direkt auf die Meßplatten geschaltet werden, weil am Videoverstärker immer eine genügend große Amplitude zur Verfügung steht. In dieser Schaltung ist dann der „Oszi 40“ jedem Oszillografen ebenbürtig, der sonst durch seinen besseren Verstärker überlegen ist.

Mitteilung für unsere Abonnenten

Skizzen und Schaltbilder für die Bauanleitung

Kleinstoszillograf „Oszi 40“

stehen unseren Abonnenten als Sonderdrucke in beschränktem Umfang zur Verfügung. Interessenten erhalten diese kostenlos gegen Einsendung der letzten Abonnementsquittung.

Wir hoffen, damit vielen Amateuren einen besonderen Dienst erweisen zu können.

